



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 42 16 301 C 2

51 Int. Cl.⁸:
G 01 P 3/00
G 01 P 15/00
G 01 D 1/16
G 01 M 17/00

21 Aktenzeichen: P 42 16 301.3-52
22 Anmeldetag: 16. 5. 92
23 Offenlegungstag: 18. 11. 93
24 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 22. 5. 97

DE 42 16 301 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 70567 Stuttgart,
DE

72 Erfinder:

Ammon, Dieter, Dr.-Ing., 70176 Stuttgart, DE

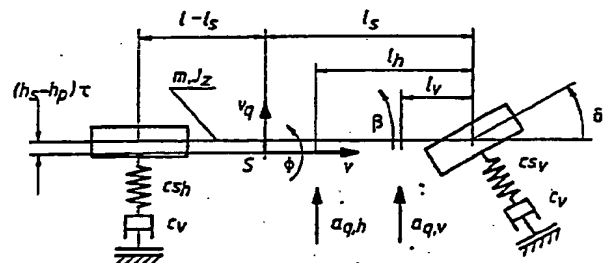
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 36 08 420 C2
DE 41 32 276 A1
DE 41 23 053 A1
DE 36 42 049 A1
US 46 90 431

ZOMOTOR, Adam: Fahrwerktechnik, Fahrverhalten,
Hrsg. Jörnßen Reimpell, Würzburg, Vogel 1987,
S. 99-116;

54 Verfahren zur Bestimmung des Fahrverhalten charakterisierender Größen

57 Verfahren zur Bestimmung des Fahrverhalten charakterisierender Größen, bei dem der Lenkwinkel (δ), die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit (v) sowie zwei in Fahrzeuglängsrichtung hintereinanderliegende Querschleunigungen (a_{qv} , a_{qh}) gemessen und diese Meßgrößen repräsentierende Signale (502, 503, 504, 505) einer Recheneinrichtung (501) zugeführt werden, in der ausschließlich unter Verwendung aller vier Meßgrößen, fahrzeugspezifischer Größen und eines den Querkraftaufbau an den Reifen berücksichtigenden Fahrzeugmodells weitere, das Fahrverhalten charakterisierende Größen in mehreren Berechnungsschritten (302, 303, 304) abgeleitet werden und daraus wenigstens die Gierwinkelgeschwindigkeit ($d\Phi/dt$) ermittelt und ausgegeben wird.



DE 42 16 301 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des Fahrverhalten charakterisierender Größen.

Es ist bereits ein Verfahren bekannt, wonach zur Bestimmung der Gierwinkelgeschwindigkeit der Sagnac-Effekt angewendet wird. Dabei wird monochromatisches, kohärentes Licht geteilt und in gegensinniger Richtung mittels Lichtleiterkabeln auf einer Kreisbahn geführt. Aufgrund einer Drehung (Gierbewegung) der Lichtleiterkabel ergibt sich somit für das geteilte Licht ein rotierendes Bezugssystem. Da sich in diesem rotierenden Bezugssystem die elektromagnetischen Wellen entsprechend den relativistischen Transformationsgleichungen anders verhalten als in einem ruhenden Bezugssystem, ändern sich auch die Interferenzerscheinungen des geteilten Lichtes in Abhängigkeit von der Drehbeschleunigung (Gierwinkelbeschleunigung) und Drehgeschwindigkeit (Gierwinkelgeschwindigkeit). Durch Auswertung dieser Interferenzerscheinungen kann somit auf die entsprechenden Größen der Drehbewegung zurückgeschlossen werden.

Bei diesem Verfahren könnte es als nachteilig erachtet werden, daß zunächst eine Lichtquelle mit interferenzfähigem Licht bereitgestellt werden muß. Außerdem muß die Anordnung der Lichtleiterkabel hinsichtlich Erschütterungen so gelagert sein, daß die Interferenzen auftreten können.

Des weiteren ist ein lineares Einspurmodell eines Fahrzeuges bekannt, bei dem die Höhe des Schwerpunktes des Fahrzeuges vernachlässigt wird. Somit wird in dieser Näherung der Schwerpunkt des Fahrzeuges in die Ebene der Aufstandspunkte der Räder verlegt. Da somit Wank- und Nickbewegungen ausgeschlossen sind, können bei diesem Modell die Räder einer Achse zu einem Rad in der Mitte der Achse vereinigt werden. Dieses Modell ist beispielsweise in DE-Buch: Zomotor, Adam: Fahrwerktechnik, Fahrverhalten, Hrsg. Jörnßen Reimpell, Würzburg: Vogel 1987, ISBN 3-8023-0774-7 auf den Seiten 99 bis 116 beschrieben.

Dieser Darstellung ist dabei nicht zu entnehmen, wie die Gierwinkelgeschwindigkeit und die Gierwinkelbeschleunigung aus meßbaren Größen abgeleitet werden kann.

Aus der DE 36 08 420 C2 ist ein Verfahren zur Bestimmung des Schwimmwinkels unter Verwendung der Gierwinkelgeschwindigkeit als Meßgröße bekannt. Dort wird unter Verwendung eines Fahrzeugmodells und den Meßgrößen der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit, des Lenkradwinkels, zweier in Fahrzeuglängsrichtung hintereinanderliegender Fahrzeugquerbeschleunigungen sowie der Gierwinkelgeschwindigkeit ein Schwimmwinkel des Fahrzeuges berechnet.

Aus der US 4,690,431 geht hervor, aufgrund von Fahrzeugparametern und den Eingangsgrößen Lenkwinkel, Fahrzeuggeschwindigkeit und zwei Werten der Querbeschleunigung, mit Hilfe eines Fahrzeugmodells den Wert wenigstens einer dynamischen Variable, beispielsweise der Gierbeschleunigung oder der Gierwinkelgeschwindigkeit zu ermitteln, wobei die wenigstens eine dynamische Variable durch einen Sensor gemessen wird. Aufgrund der Abweichung zwischen gemessenem Wert und ermitteltem Wert der dynamischen Variablen erfolgt ein Regeleingriff.

Bei der Ermittlung der das Fahrverhalten charakterisierenden Größe werden dabei die zwischen Rad und Straße wirkenden Kräfte nicht berücksichtigt. Die durch dieses Vorgehen erreichte Genauigkeit der ermittelten, das Fahrverhalten charakterisierenden Größe reicht nur dann aus, wenn in einem Regelkreis ein ständiges Angleichen an einen gemessenen Wert der das Fahrverhalten charakterisierenden Größe erfolgt. Es ist dadurch nicht möglich, einen Wert für die das Fahrverhalten charakterisierende Größe ohne Rückkopplung an einen gemessenen Wert zur Verfügung zu stellen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Bestimmung des Fahrverhalten charakterisierender Größen zu schaffen, das die Bereitstellung eines zur Verwendung in das Fahrzeug beeinflussenden Steuergeräten hinreichend genauen Wertes der Größe ermöglicht.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren zur Bestimmung des Fahrverhalten charakterisierender Größen erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, wobei die Merkmale der Unteransprüche vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen kennzeichnen.

Diese Aufgabe wird also dadurch gelöst, daß das Fahrzeugmodell den Querkraftaufbau berücksichtigt. Dadurch wird eine Genauigkeit erreicht, die es erlaubt, zumindest die Gierwinkelgeschwindigkeit als das Fahrverhalten charakterisierende Größe zu ermitteln, ohne daß eine Rückkopplung über einen gemessenen Wert dieser Größe notwendig ist.

Zunächst sollen einige Gleichungen abgeleitet werden, mittels denen die zu bestimmenden Größen in Abhängigkeit von meßbaren Größen dargestellt werden. Dazu soll zunächst eine Tabelle erstellt werden, die die Bedeutung der im folgenden verwendeten Symbole verdeutlicht.

Symbol	Bedeutung	
$d\#/dt$	erste zeitliche Ableitung einer Größe #, die eine der in dieser Tabelle enthaltenen Größen ist	
$d^2\#/dt^2$	zweite zeitliche Ableitung einer Größe #, die eine der in dieser Tabelle enthaltenen Größen ist	5
a	Fahrzeuglängsbeschleunigung	
a_q	Fahrzeugquerbeschleunigung	
a_{qh}	Fahrzeugquerbeschleunigung hinten	
a_{qv}	Fahrzeugquerbeschleunigung vorne	10
c_h	Cornering Stiffness hinten	
c_v	Cornering Stiffness vorn	
c_{sh}	Querfedersteife hinten	
c_{sv}	Querfedersteife vorn	
c_x	Drehfedersteife bei Wankbewegung um Fahrzeuglängsachse	15
h_h	Einbauhöhe des Querbeschleunigungssensors hinten	
h_p	Wankpolhöhe (Abstand des Punktes bei einer Wankbewegung vom Boden, der ortsfest ist)	
h_s	Schwerpunkthöhe	
h_v	Einbauhöhe des Querbeschleunigungssensors vorne	20
J_x	Trägheitsmoment um die Fahrzeuglängsachse	
J_z	Trägheitsmoment um die Fahrzeughochachse	
k_x	Drehdämpfung bei Wankbewegung um Fahrzeuglängsachse	
l	Radstand	
l_h	Abstand zwischen Querbeschleunigungssensor hinten und Vorderachse	25
l_v	Abstand zwischen Querbeschleunigungssensor vorn und Vorderachse	
l_s	Abstand zwischen Schwerpunkt und Vorderachse	
m	Fahrzeugmasse	
S_h	Seitenkraft an den Hinterrädern	30
S_v	Seitenkraft an den Vorderrädern	
v	Fahrzeuglängsgeschwindigkeit	
v_q	Fahrzeugquergeschwindigkeit	
α_h	Schräglaufwinkel an der Hinterachse	
α_v	Schräglaufwinkel an der Vorderachse	35
β	Schwimmwinkel	
δ	Radlenkwinkel	
δt	Integrationsschrittweite	
Φ	Gierwinkel	40
τ	Wankwinkel	

Die Kräftebilanz in Querrichtung des Fahrzeuges liefert die Gleichung:

$$m \cdot a_q = S_v \cdot \cos(\delta) + S_h \quad (1).$$

Die Momentenbilanz um die Fahrzeughochachse liefert die Beziehung:

$$J_z \cdot d^2\Phi/dt^2 = l_s \cdot S_v \cdot \cos(\delta) - (l - l_s) \cdot S_h \quad (2).$$

Außerdem wird die Dynamik einer Wankbewegung modelliert durch den Ansatz einer Differentialgleichung 2. Ordnung:

$$J_x \cdot d^2\tau/dt^2 + k_x \cdot d\tau/dt + c_x \cdot \tau = m \cdot (h_s - h_p) \cdot a_q \quad (3).$$

Eine Modellierung des Querkraftaufbaus an den Reifen erfolgt nach folgenden Gleichungen:

$$\frac{dS_v/dt}{cS_v} + \frac{v}{c_v} * S_v = \frac{1}{\cos(\delta)} * \alpha_v \quad (4)$$

$$\frac{dS_h/dt}{cS_h} + \frac{v}{c_h} * S_h = \alpha_h \quad (5)$$

$$\alpha_v = v * \sin(\delta) - l_s * d\delta/dt - v_q - (h_s - h_p) * d\tau/dt \quad (6)$$

$$\alpha_h = (l - l_s) * d\delta/dt - v_q - (h_s - h_p) * d\tau/dt \quad (7)$$

Diese den Querkraftaufbau beschreibenden Gleichungen weisen eine starke Abhängigkeit von der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit v auf.

Die Beschleunigungen a_q und a hängen von der zeitlichen Änderung des Betrages der jeweiligen Geschwindigkeit ab sowie von der zeitlichen Änderung der Richtung der jeweiligen Geschwindigkeit. Es ergeben sich somit folgende Gleichungen:

$$a_q = dv_q/dt + v * d\Phi/dt \quad (8)$$

$$a = dv/dt - v_q * d\Phi/dt \quad (9)$$

Als Meßgrößen sollen nun der Lenkwinkel δ , die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit v , und zwei Querbeschleunigungen a_{qv} und a_{qh} verwendet werden. Die beiden Querbeschleunigungssensoren können dabei jeweils durch den Abstand zur Vorderachse sowie die jeweilige Höhe beschrieben werden. Aufgrund der Geometrie ergibt sich für diese beiden Beschleunigungssensoren:

$$a_{qv} = a_q + (l_s - l_v) * d^2\Phi/dt^2 + (h_s - h_v) * d^2\tau/dt^2 \quad (10)$$

$$a_{qh} = a_q + (l_s - l_h) * d^2\Phi/dt^2 + (h_s - h_h) * d^2\tau/dt^2 \quad (11)$$

Da es sich somit bei den Gleichungen (10) und (11) um ein System aus zwei Gleichungen handelt, die dadurch linear unabhängig sind, daß l_h ungleich l_v ist, können somit bei bekannter bzw. vernachlässigbarer Wankbeschleunigung $d^2\tau/dt^2$ die Gierwinkelbeschleunigung $d^2\Phi/dt^2$ sowie die Fahrzeugquerbeschleunigung bestimmt werden. Zusammenfassen der beiden Gleichungen (10) und (11) ergibt:

$$a_q = \frac{(l_s - l_h) * (a_{qv} - (h_s - h_v) * d^2\tau/dt^2) - (l_s - l_v) * (a_{qh} - (h_s - h_h) * d^2\tau/dt^2)}{(l_v - l_h)} \quad (12)$$

$$d^2\tau/dt^2 = \frac{a_{qv} - a_{qh} + (h_v - h_h) * d^2\tau/dt^2}{(l_v - l_h)} \quad (13)$$

In vorteilhafter Weise kann bei der Anbringung der Querbeschleunigungssensoren vorgesehen werden, daß $h_v \equiv h_h \equiv h_p$ gilt. Dann entfallen die Wankbeschleunigungsterme unabhängig von der Größenordnung der Wankbeschleunigung, wodurch sich die Auswertung erheblich vereinfacht.

Alternativ dazu kann die Wankdynamik durch eine an sich bekannte numerische Auswertung der Differentialgleichung (3) beispielsweise mittels des Runge-Kutta-Verfahrens oder mittels des expliziten Eulerverfahrens mit der Integrationsschrittweite δt erfolgen:

$$d^2\tau/dt^2 = \frac{-k_x * d\tau/dt - c_x * \tau + m * (h_s - h_p) * a_q}{J_x} \quad (14)$$

$$\tau_{\text{neu}} = \tau + d\tau/dt * \delta t; d\tau/dt_{\text{neu}} = d\tau/dt + d^2\tau/dt^2 * \delta t \quad (15)$$

Die Gierwinkel- und Querbeschleunigung sowie die Wankgrößen können somit unter Anwendung der Gleichungen (12), (13), (14) und (15) oder durch Zustandsschätzungen mittels der Gleichungen (3), (10) und (11) bestimmt werden.

Aus der Kraftbilanz nach Gleichung (1) sowie der Momentenbilanz nach Gleichung (2) können die Seitenkräfte erhalten werden:

$$S_v = \frac{(1-l_s) \cdot m \cdot a_q + J_z \cdot d^2 \xi / dt^2}{l \cdot \cos(\delta)} \quad (16) \quad 5$$

$$S_h = \frac{l_s \cdot m \cdot a_q - J_z \cdot d^2 \xi / dt^2}{l} \quad (17) \quad 10$$

Durch Differentiation der beiden Gleichungen (16) und (17) ergibt sich somit:

$$dS_v/dt = \frac{(1-l_s) \cdot m \cdot da_q/dt + J_z \cdot d(d^2 \xi / dt^2)/dt}{l \cdot \cos(\delta)} - \frac{\sin(\delta) \cdot ((1-l_s) \cdot m \cdot a_q + J_z \cdot d^2 \xi / dt^2) \cdot d\delta/dt}{l \cdot \cos^2(\delta)} \quad (18) \quad 15$$

$$dS_h/dt = \frac{l_s \cdot m \cdot da_q/dt - J_z \cdot d^2 \xi / dt^2}{l} \quad (19) \quad 25$$

Aus den Gleichungen (4), (5), (6) und (7) ergeben sich somit zwei lineare Gleichungen, mittels denen die Größen v_q und $d\Phi/dt$ aus bekannten Größen bestimmt werden können. 30

$$l_s \cdot d\xi/dt + v_q = - \left(\frac{dS_v/dt}{c_{S_v}} + \frac{v}{c_v} \cdot S_v \right) \cdot \cos(\delta) + v \cdot \sin(\delta) - (h_s - h_p) \cdot d\tau/dt \quad (20) \quad 35$$

$$-(1-l_s) \cdot d\xi/dt + v_q = - \left(\frac{dS_h/dt}{c_{S_h}} + \frac{v}{c_h} \cdot S_h \right) - (h_s - h_p) \cdot d\tau/dt \quad (21) \quad 40$$

Die Gleichungen (16), (17), (18) und (19) enthalten nur Größen, die unmittelbar gemessen werden (δ , v , a_{qh} , a_{qv}) oder wie oben beschrieben anhand der gemessenen Größen bestimmt werden können. Zeitableitungen bekannter Größen können dabei durch Quotientenbildung abgeleitet werden. Somit können die Größen v_q und $d\Phi/dt$ zu jedem Zeitpunkt berechnet werden. Den Schwimmwinkel β erhält man schließlich: 45

$$\beta = \arctan(v_q/v) \quad (22).$$

Bisher wurde beschrieben, wie aus bekannten Parametern, die das Fahrzeug betreffen, das Fahrverhalten charakterisierende Größen bestimmt werden. Diese Parameter unterliegen dabei gewissen Schwankungen. Die Fahrzeugmasse sowie die Schwerpunktlage variiert dabei durch unterschiedliche Beladungen. Die reifenabhängigen Größen variieren dabei mit der Reifentemperatur und mit verschiedenen Fahrbahnbelägen. Die wesentlichste Schwankung tritt bei der Cornering Stiffness auf. Im folgenden soll ein Verfahren vorgestellt werden, mit dem eine Adaption der Cornering Stiffness möglich ist. Ebenso kann dann eine Adaption der anderen Parameter erfolgen. Zuerst müssen für diese Adaption Systemgleichungen gefunden werden, die nur bekannte bzw. ableitbare Größen enthalten und die linear unabhängig sind zu den Gleichungen, die bei der Bestimmung der bekannten oder abgeleiteten Größen verwendet wurden. Geeignete Gleichungen erhält man beispielsweise durch die Differentiation der Gleichungen (20) und (21). 50 55 60 65

$$c_v \equiv c_v(t) = (S_v * \cos(\delta) * dv/dt + v * \cos(\delta) * dS_v/dt + v * S_v * \sin(\delta) * d\delta/dt) * f_v(t) \quad (23)$$

$$\frac{1}{f_v(t)} = \frac{-l_s * d^2 \bar{x}/dt^2 - a_q + v * d\bar{x}/dt + \sin(\delta) * dv/dt - v * \cos(\delta) * d\delta/dt - \cos(\delta) * d^2 S_v/dt^2 + \sin(\delta) * dS_v/dt * d\delta/dt}{cs_v} - (h_s - h_p) * d^2 \tau/dt^2 \quad (24)$$

$$c_h \equiv c_h(t) = (S_h * dv/dt + v * dS_h/dt) * f_h(t) \quad (25)$$

$$\frac{1}{f_h(t)} = \frac{(1-l_s) * d^2 \bar{x}/dt^2 - a_q + v * d\bar{x}/dt - \frac{d^2 S_h/dt^2}{cs_h}}{cs_h} - (h_s - h_p) * d^2 \tau/dt^2 \quad (26)$$

Die Gierwinkelgeschwindigkeit ergibt sich aus den Gleichungen (20) und (21) durch Elimination von v_q . Die Seitenkräfte werden mittels den Gleichungen (16), (17), (18) und (19) sowie entsprechende Differenzenquotienten berechnet. Somit ergeben sich jeweils aktuelle Schätzwerte für die Cornering Stiffness vorne und hinten. Eine Aktualisierung der bei den weiteren Rechnungen verwendeten Werten der Cornering Stiffness kann dabei durch eine L_z -Approximation mit gleitender Zeitmittelung erfolgen. Dabei werden die bei folgenden Rechnungen zu verwendenden Parameter mit $c_{v,akt}$ und $c_{h,akt}$ bezeichnet. Die bisherigen Parameter werden mit c_v und mit c_h bezeichnet. Die aktuellen Schätzwerte werden mit $c_v(t)$ und mit $c_h(t)$ bezeichnet.

$$c_{v,akt} = (1-\Gamma) * c_v + \Gamma * c_v(t) \quad (27)$$

$$c_{h,akt} = (1-\Gamma) * c_h + \Gamma * c_h(t) \quad (28).$$

Dabei ist Γ ein Faktor mit einem Wert zwischen 0 und 1. Je größer dabei Γ ist, desto mehr werden die aktuellen Schätzwerte berücksichtigt. Bei einem kleinen Wert von Γ erfolgt eine langsame Adaption. Soll die Adaption beispielsweise mit einer Grenzfrequenz Ω_G erfolgen, so ist $\Gamma = \Omega_G * \delta t$.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Den Fig. 1 und 2 sind dabei Darstellungen zu entnehmen, die die Größen nach obiger Tabelle an einem Fahrzeug zeigen. Fig. 3 zeigt dabei einen möglichen Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens. In einem ersten Schritt 301 werden dabei die Werte bestimmt, auf deren Grundlage die das Fahrverhalten charakterisierenden Größen bestimmt werden. Diese Werte sind dabei der Lenkwinkel δ , die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit v sowie die beiden Querbeschleunigungen a_{qv} und a_{qh} . Der Lenkwinkel δ , die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit kann beispielsweise aus den Signalen von Drehzahlsensoren bestimmt werden. Die beiden Querbeschleunigungen werden dabei vorzugsweise direkt gemessen mittels geeignet angebrachter Querbeschleunigungssensoren. In einem zweiten Schritt 302 wird aus diesen Größen beispielsweise mittels der Gleichungen (12) und (13) die Querbeschleunigung a_q und die Gierwinkelbeschleunigung $d^2\Phi/dt^2$ bestimmt. Beispielsweise mittels der Gleichungen (14) und (15) wird dann in einem Schritt 303 der Wankwinkel τ mit seinen zeitlichen Ableitungen bestimmt. Durch Differenzenquotienten werden dann die höheren Ableitungen der Zustandsgrößen gebildet, die im folgenden noch benötigt werden. Mittels der Gleichungen (16), (17), (18) und (19) werden dann in einem Schritt 304 die Seitenkräfte sowie deren Ableitungen gewonnen. Mittels der Gleichungen (20), (21) und (22) werden dann in einem Schritt 305 der Schwimmwinkel sowie die Gierwinkelgeschwindigkeit gewonnen.

Darüber hinaus ist der Fig. 4 zu entnehmen, daß eine Adaption der Parameter erfolgen kann. Dazu werden zunächst in einem Schritt 401 mittels Differenzenquotienten höhere Ableitungen der Seitenkräfte ermittelt. Mittels der Gleichungen (23), (24), (25) und (26) werden dann in einem Schritt 402 aktuelle Schätzwerte der Parameter bestimmt. Mittels der Gleichungen (27) und (28) werden dann in einem Schritt 403 Werte der Parameter bestimmt, die bei dann folgenden Rechnungen zur Bestimmung des Fahrverhalten charakterisierenden Größen Verwendung finden.

Fig. 5 zeigt eine Recheneinrichtung 501, der als Eingangssignale 502, 503, 504, 505 die genannten Größen entsprechend dem Schritt 301 nach Fig. 3 zugeführt werden. Nachdem die entsprechenden Größen in der Recheneinrichtung mittels der genannten Gleichungen nach dem Ablaufdiagramm der Fig. 3 ermittelt wurden, werden Ausgangssignale 506, 507, 508 ausgegeben, die die bestimmten Größen repräsentieren. Diese bestimmten Größen sind die Gierwinkelgeschwindigkeit sowie ggf. der Schwimmwinkel und/oder eine weitere das Fahrverhalten charakterisierende Größe, die während des Ablaufes des Verfahrens ermittelt wurde. Weiterhin erfolgt gemäß dem Ablaufdiagramm der Fig. 4 eine Adaption der Parameter, mittels denen das Fahrzeugmodell beschrieben wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des Fahrverhalten charakterisierender Größen, bei dem der Lenkwinkel (δ), die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit (v) sowie zwei in Fahrzeuglängsrichtung hintereinanderliegende Querschleunigungen (a_{qv} , a_{qh}) gemessen und diese Meßgrößen repräsentierende Signale (502, 503, 504, 505) einer Recheneinrichtung (501) zugeführt werden, in der ausschließlich unter Verwendung aller vier Meßgrößen, fahrzeugspezifischer Größen und eines den Querkraftaufbau an den Reifen berücksichtigenden Fahrzeugmodells weitere, das Fahrverhalten charakterisierende Größen in mehreren Berechnungsschritten (302, 303, 304) abgeleitet werden und daraus wenigstens die Gierwinkelgeschwindigkeit ($d\Phi/dt$) ermittelt und ausgegeben wird. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung der Gierwinkelgeschwindigkeit ($d\Phi/dt$) unabhängig von einem bestimmten Fahrzustand erfolgt. 10
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß des weiteren der Schwimmwinkel (β) ermittelt und ausgegeben wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Fahrzeugmodell Wankbewegungen des Fahrzeuges berücksichtigt werden (303). 15
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschleunigungen (a_{qv} , a_{qh}) mittels Querschleunigungssensoren gemessen werden, deren jeweilige Einbauhöhen (h_v , h_h) gleich sind und der Schwerpunkthöhe (h_s) entsprechen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Adaption der fahrzeugspezifischen Größen erfolgt (401, 402, 403). 20
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Adaption mittels eines gleitenden Mittelwertverfahrens erfolgt (403).
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine weitere abgeleitete, das Fahrverhalten charakterisierende Größe (506, 507, 508), ausgegeben wird. 25

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 3

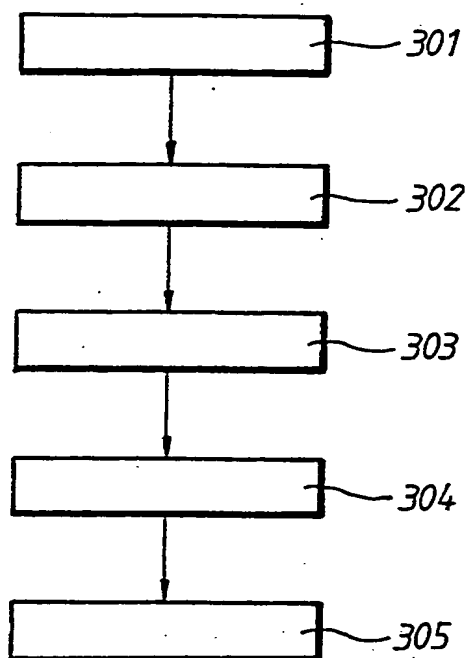


Fig. 4

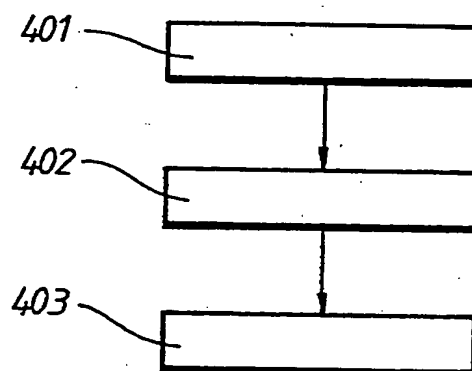
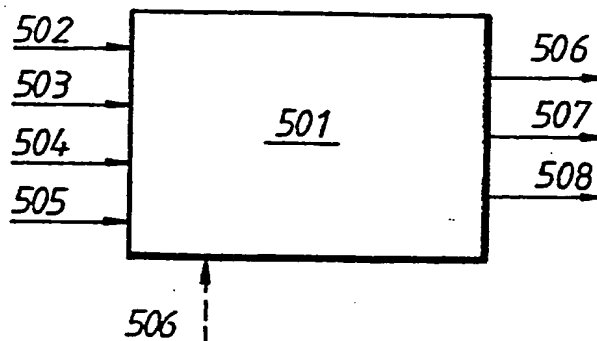


Fig. 5



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☒ OTHER: Black dots

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.